

Tematický článek o finanční stabilitě ——— 1/2025

Reverzní zátěžové testování bankovního sektoru

Miroslav Plašil, Martin Časta



Česká národní banka ——— Tematický článek o finanční stabilitě ——— 1/2025

Tematické články o finanční stabilitě reagují na vybrané aktuální otázky týkající se problematiky finanční stability. Jejich cílem je edukativní a nenáročnou formou seznamovat veřejnost s výsledky analýz finanční stability a s konkrétními aspekty makrobezpečnostní politiky ČNB. Jsou samostatnou publikační řadou podporující analýzy a závěry Zprávy o finanční stabilitě.

Názory obsažené v tomto článku jsou názory autorů a neodrážejí nezbytně oficiální pozici České národní banky.

Schválil k vydání: Libor Holub

REVERZNÍ ZÁTĚŽOVÉ TESTOVÁNÍ BANKOVNÍHO SEKTORU

Miroslav Plašil, Martin Časta¹

Článek představuje metodický přístup ČNB k reverznímu zátěžovému testování, které je užitečným doplňkem k standardním makrozátěžovým testům solventnosti bankovního sektoru. Přístup spočívá v simulování velkého množství konzistentních makrofinančních scénářů a jejich dopadu na kapitál bank. V jejich rámci jsou následně detailně zkoumány podrobeny scénáře, které vedou k předem zvolené míře zátěže. Ta je nejčastěji definována jako neplnění celkového kapitálového požadavku, či neplnění kapitálových požadavků Pillíře 1 a 2. Reverzní test díky své schopnosti zaměřit se širší sadu scénářů přispívá k systematické identifikaci klíčových makrofinančních rizikových faktorů a usnadňuje nalézt potenciální slabá místa, které mohou zvyšovat zranitelnost bankovního sektoru. Zároveň umožňuje kvantifikovat nejistotu spojenou s těmito scénáři. Přístup je ilustrován na reverzním zátěžovém testu domácího bankovního sektoru k polovině roku 2024.

I. ÚVOD

Zátěžové testování bankovního sektoru patří k standardním nástrojům makrobezpečnostních analýz. Jeho cílem je posoudit míru zranitelnosti bank při nastání zvoleného scénáře a přispívat svými výstupy k optimálnímu nastavení makrobezpečnostních nástrojů. Výsledky standardních makrozátěžových zátěžových testů solventnosti, které Česká národní banka (ČNB) publikuje ve Zprávách o finanční stabilitě (dále „makrozátěžové testy“), jsou tradičně prezentovány pro dva scénáře²: i) *Základní scénář* představuje podle ČNB nejpravděpodobnější budoucí vývoj a je využíván k ověření míry odolnosti bankovního sektoru při nastání očekávaných podmínek, ii) *Nepříznivý scénář* předpokládá hypotetickou situaci značného zhoršení makroekonomické a finanční situace a má za cíl ověřit, zda je bankovní sektor či celý finanční systém schopen plnit své hlavní funkce i v případě velmi nepříznivých podmínek. Celková velikost ekonomického propadu v nepříznivých scénářích zůstává zpravidla obdobná (viz např. ČNB, 2023 – Box 2: Srovnání zátěžovosti a dopadů nepříznivých scénářů, ČNB, 2024b, s. 36 a ČNB, 2022), ale příběh scénářů zohledňuje relevantní typy makroekonomických rizik, což má podstatný vliv na to, jak významná jsou ve scénáři jednotlivá finanční rizika (úvěrové, úrokové, tržní, operační) a které segmenty jsou nepříznivým vývojem nejvíce zasaženy. Zvolená povaha zátěže dopadající na bankovní sektor pak ovlivňuje celkovou velikost jeho ztrát a míru nepříznivých dopadů na finanční stabilitu.

Testování odolnosti bankovního sektoru vůči možnému zhmotnění aktuálně pozorovaných rizik je velmi užitečné, má však také jistá omezení. Neumožňuje například prozkoumat širší škálu scénářů nepříznivého vývoje najednou, neodpovídá bezprostředně na otázku, jaký vývoj by již v danou chvíli byl pro sektor kritický, a nepracuje s neznámými či dopředu obtížně identifikovatelnými riziky, k jejichž materializaci však v reálných podmínkách nezdědka dochází (viz např. pandemie covid, vypuknutí válečného konfliktu na Ukrajině s dopady na ceny energií). V současnosti pak není předem explicitně zkoumána ani konkrétní pravděpodobnost nastání nepříznivého scénáře, což může v některých případech vyvolávat pochybnosti ohledně jeho přílišné, či naopak nedostatečné tvrdosti.³ Stávající rámec pro zátěžové testování je proto vhodné dále doplnit o alternativní přístupy s bližším zaměřením na obdobné typy otázek. Mezi nástroje tohoto typu patří i reverzní zátěžové testování, které představuje efektivní prostředek pro systematické hledání hranic zranitelnosti zkoumaného systému.

Makrobezpečnostní orgány dosud využívaly reverzní typ zátěžových testů spíše zřídka, přestože na úrovni jednotlivých bankovních institucí je jejich aplikace v mezinárodním měřítku naopak poměrně častá (BIS, 2017). Jedním z důvodů pro sporadické využívání obdobných testů na makroúrovni může být relativně vysoká náročnost a komplexnost celého procesu. V poslední době se nicméně zájem orgánů makrobezpečnostního dohledu o obdobné typy testů postupně zvyšuje, což dokládají nově vznikající výzkumné práce na toto téma (viz např. článek Aikman et al., 2024, který představuje obdobný přístup pro bankovní sektor v eurozóně). Iniciativa ČNB v oblasti reverzního testování tak zapadá do současného proudu snah o rozšíření analytického rámce zátěžových testů.

Tento článek seznamuje čtenáře s přístupem ČNB k reverznímu testu solventnosti bankovního sektoru a představuje jeho základní východiska a metodiku. Cílem článku je zvýšit povědomí veřejnosti o tomto specifickém typu testu a objasnit, jak

¹ Miroslav Plašil, odbor makrobezpečnostních analýz, Česká národní banka, miroslav.plasil@cnb.cz
Martin Časta, odbor makrobezpečnostních analýz, Česká národní banka, martin.casta@cnb.cz

² Ve výjimečných případech může být použito i více nepříznivých scénářů. Tato situace může nastat v podmínkách mimořádné nejistoty, kdy je třeba otestovat odolnost sektorů vůči více alternativám, viz například propuknutí pandemie covid-19. V některých případech mohou být prostřednictvím konkrétního scénáře rovněž testovány dopady zhmotnění specifického rizika (například klimatického).

³ Aktuální evropské iniciativy v oblasti zátěžového testování nabádají k posilování schopnosti přemýšlet „mimo rámec“ (*out of the box*). Ta je důležitá pro obezřetné zátěžové testování, neboť výsledkem současných testů je prakticky vždy závěr, že bankovní sektor jako celek zvolenou zátěž ustojí. Příliš optimistické výsledky mohou vyvolávat pochyby ohledně zvolené metodiky či skutečné odolnosti testovaných institucí vůči krizím.

mají být jeho výsledky vnímány a interpretovány v kontextu tradičních zátěžových testů. Struktura článku je následující: v druhé kapitole jsou vysvětleny cíle a smysl reverzního testování, kapitola 3 představuje klíčové rysy zvoleného přístupu a základní technický popis podkladového modelového aparátu. Kapitola 4 přináší praktickou ukázkou možného využití reverzního zátěžového testování a závěrečná kapitola shrnuje možné přínosy.

II. CÍLE REVERZNÍHO TESTOVÁNÍ DOMÁCÍHO BANKOVNÍHO SEKTORU

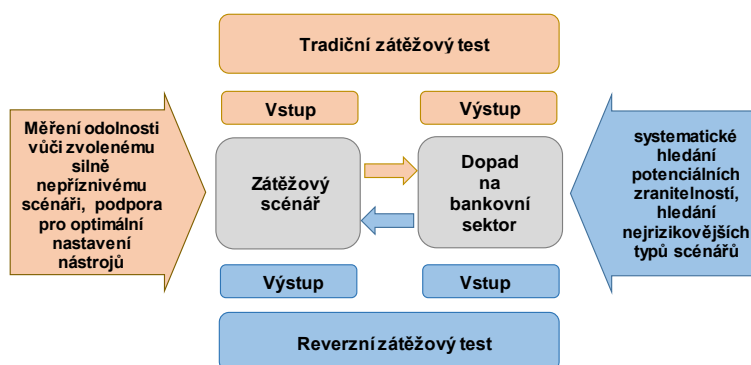
ČNB provádí zátěžové testování solventnosti bankovního sektoru již od roku 2003. Od té doby je metodika testu průběžně zdokonalována a upravována s ohledem na aktuální požadavky (viz např. Čihák, 2007, Geršl et al., 2012 a ČNB, 2022). Od svého počátku stojí zátěžový test na dvou základních pilířích: i) jádrový prognostický model ČNB g3+ (Andrle et al., 2009 a Brázdík et al., 2020) doplněný o soustavu satelitních modelů (blíže viz Plašil, 2021), a ii) model zátěžového testu (ČNB, 2022).

Prognostický model a satelitní modely slouží k tvorbě konzistentních makrofinančních scénářů, které modelují příběh zahrnující předem zvolený typ šoků (zátěžových událostí odrážejících materializaci makrofinančních rizik). Samotný model zátěžového testu pak umožňuje skrze sadu modulů pokrývajících úvěrové, úrokové (čisté úrokové výnosy) a tržní riziko či mezibankovní nákazu kvantifikovat na dynamické bilanci dopady testovaného scénáře na rozvahy a výsledky bankovního sektoru. Jedním z klíčových výstupů testu solventnosti je výše kapitálového poměru bankovního sektoru v průběhu a na konci testovaného scénáře, případně požadovaný kapitál, který by bylo nutné u jednotlivých bank doplnit, pokud jejich kapitálový poměr poklesne pod regulační úroveň. Tyto informace umožňují posoudit míru odolnosti bankovního sektoru vůči sledovaným rizikům a napomáhají při rozhodování o optimálním nastavení makrobezpečnostních kapitálových rezerv.

Logika reverzního testování je naproti tomu zcela obrácená (Schéma 1). V prvním kroku je stanoven pokles kapitálového poměru odpovídající požadované míře zátěže. Ta může být definována různě v závislosti na cíli analýzy. Pokud je smyslem prozkoumat scénáře, které by vedly k vážnému ohrožení odolnosti bankovního sektoru, může být míra zátěže definována jako neplnění kapitálových požadavků Pilíře 1 a 2 (TSCR). Blíže analyzovat je však možné i méně zátěžové situace, při nichž by došlo například k neplnění celkového kapitálového požadavku (OCR), případně i scénáře vedoucí k potřebě uvolnit proticyklickou kapitálovou rezervu, nebo situace znamenající částečné či úplné rozpuštění bezpečnostní kapitálové rezervy.

V druhém kroku je pak pozornost zaměřena na scénáře, resp. typy scénářů, které by tuto situaci mohly vyvolat. Platí při tom, že zvolenému poklesu kapitálového poměru může odpovídat větší množství scénářů s potenciálně odlišnými charakteristikami a potenciálně různě silnou vahou jednotlivých rizik (úvěrová, úroková a další rizika). Detailní analýza všech scénářů umožňuje odhalit a blíže prozkoumat hlavní zranitelná místa bankovního sektoru. Doplnkovou, ale důležitou otázkou pak může být rovněž stanovení pravděpodobnosti, s níž by se scénáře vedoucí k ohrožení stability bankovního sektoru naplnily.

Schéma 1: Podstata tradičního a reverzního testování



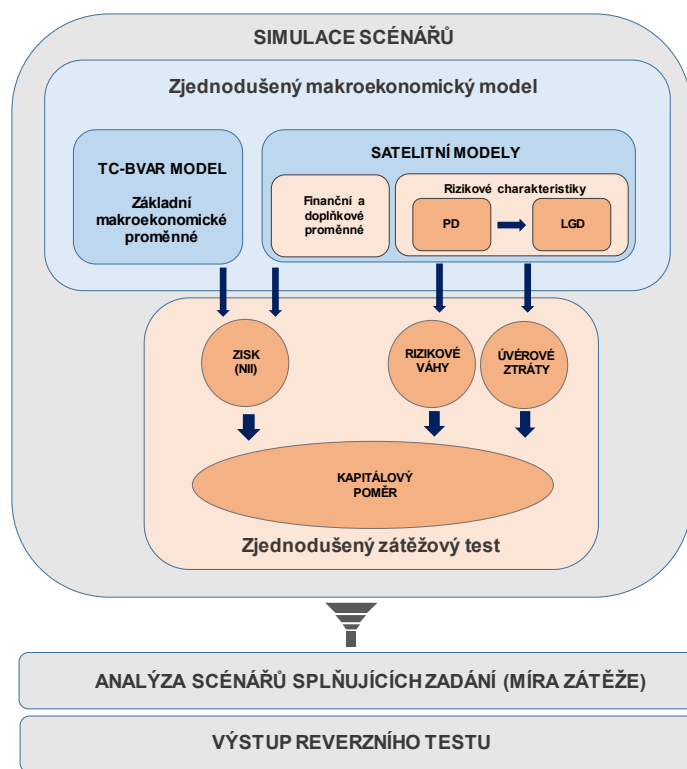
Z povahy kladených otázek je zřejmé, že cíle tradičního a reverzního zátěžového testu se liší, ale vzájemně se doplňují. Zatímco smyslem tradičního testování je ověřit odolnost bankovního sektoru vůči nastání silně nepříznivého, ale stále možného scénáře, a poskytnout tak vstup pro úvahy o nastavení nástrojů makrobezpečnostní politiky, reverzní testování má spíše průzkumnou (explorační) povahu. Jeho prostřednictvím lze systematicky analyzovat, jaké typy extrémně nepříznivého ekonomického vývoje by mohly zapříčinit vážné narušení odolnosti bankovního sektoru, případně může být výstupem reverzního testu analýza, které typy rizik může být vhodné preventivně omezovat, aby se nepříznivé důsledky nastání vysoce nepravděpodobné události pro stabilitu bankovního sektoru významně potlačily.

III. PŘÍSTUP ČNB K REVERZNÍMU TESTOVÁNÍ

Reverzní testování implementované v ČNB respektuje uvedené základní principy (Schéma1) a stojí obdobně jako makrozátěžové zátěžové testy na dvou samostatných modelových blocích (Schéma 2). První blok zahrnuje model pro generování konzistentních makroekonomických scénářů a druhý opět propojuje podkladové scénáře s jejich dopady na kapitálový poměr. Vzhledem k potřebě potenciálně prozkoumat širokou sadu scénářů však musely být oba původní, výpočetně náročné bloky nahrazeny jednoduššími modely (dále „zjednodušený makroekonomický model“ a „zjednodušený zátěžový test“).

Konkrétní postup reverzního testování je možné popsat následovně: před začátkem analýzy je pomocí zjednodušeného makroekonomického modelu a zátěžového testu vygenerováno velké množství scénářů pokrývajících možné⁴ alternativní budoucnosti, a to včetně informace o jejich dopadu na kapitálový poměr bankovního sektoru. Samotná analýza pak začíná stanovením míry požadované zátěže, přičemž nejčastěji se jedná o neplnění celkového kapitálového požadavku (OCR), případně kapitálových požadavků Pilíře 1 a 2 (TSCR). Volba poklesu kapitálového poměru souvisí s cílem analýzy a určuje, jaká množina bude v rámci vygenerovaných scénářů předmětem dalšího zkoumání (Schéma 2). Analýza se poté může zaměřit na společné prvky scénářů vedoucích ke zkoumané zátěži, hloubku nutného ekonomického propadu, charakter a velikost ekonomických šoků konzistentních s tímto propadem nebo na odhad pravděpodobnosti nastání zvolené situace. S pomocí pravděpodobnosti pak lze například určit jakousi horní mez míry zátěže pro širokou škálu různých scénářů nebo lépe vyhodnotit zátěžovost (tvrdość, „severity“) nepříznivého scénáře použitého v standardním makrozátěžovém testu. Kvantifikovat pak lze i vzájemnou míru odlišnosti mezi relevantními proměnnými v makrozátěžovém a reverzním testu při jejich obdobném dopadu na kapitálový poměr bankovního sektoru.

Schéma 2: Proces reverzního testování



III.1 ZJEDNODUŠENÝ MAKROEKONOMICKÝ MODEL

Jádrový predikční model ČNB g3+ byl pro potřeby reverzního testování nahrazen výpočetně jednodušším trendově-cyklickým bayesovským VAR modelem (TC-BVAR, Andrlé a Brůha, 2017). V jeho rámci jsou dlouhodobé fluktuace v časových řadách modelovány pomocí stochastických trendů a cyklická složka je modelována VAR modelem s nulovou střední hodnotou. Trendy jednotlivých časových řad vstupujících do modelu jsou a priori považovány za nezávislé a je

⁴ Termínem „možné“ je zde myšleno, že daný scénář má nenulovou pravděpodobnost nastání vzhledem k makrofinančnímu stavu ekonomiky na počátku scénáře. Pravděpodobnost je stanovována na základě historických dat, apriori tak nepokrývá události typu černé labutě, které nebyly v minulosti pozorovány.

rovněž předpokládána vzájemná nezávislost náhodné složky u trendové a cyklické části modelu. Vzhledem k zahrnutí zahraničních proměnných obsahuje VAR model blokovou restrikcí (Hamilton, 1994, Jarocinski a Mackowiak, 2011) zohledňující skutečnost, že vývoj v externím prostředí má bezprostřední vliv na vývoj domácí ekonomiky, avšak malá otevřená (domácí) ekonomika nemá sílu přímo ovlivnit vývoj v zahraničí. Volba modelu pro trendovou složku časových řad vždy závisí na jejich specifických vlastnostech, nicméně zpravidla⁵ se jedná o případ LLT modelu (Local linear trend model, viz např. Durbin a Koopman, 2012).

Celý TC-BVAR model pro časové řady, $y_{i,t}$, tak lze zapsat ve formě

$$y_{i,t} = T_{i,t} + C_{i,t}, \quad i = 1, \dots, k, t = 1, \dots, T \quad (1)$$

kde $T_{i,t}$ a $C_{i,t}$ představují hodnotu trendu, resp. cyklické složky i -té řady v čase t , přičemž vektor C_t je modelován pomocí VAR modelu se dvěma zpožděními. Rozdělíme-li vektor C_t na subvektor domácích a zahraničních proměnných $C_t = [C_t^d \ C_t^f]'$, lze model VAR(2) s blokovou restrikcí v redukovaném tvaru zapsat jako:

$$\begin{bmatrix} C_t^d \\ C_t^f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11,1} & A_{12,1} \\ 0 & A_{22,1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{t-1}^d \\ C_{t-1}^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_{11,2} & A_{12,2} \\ 0 & A_{22,2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{t-2}^d \\ C_{t-2}^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_t^d \\ e_t^f \end{bmatrix}, \quad (2)$$

kde $A_{ij,p}$, jsou příslušné (sub)matice parametrů VAR modelu, které definují dynamické vztahy mezi proměnnými. Odhad parametrů je získán pomocí bayesovských technik s využitím standardních regularizačních apriorních rozdělání, tzv. Minnesota prior (Litterman, 1980). Domácí blok obsahuje základní makroekonomické proměnné jako nezaměstnanost, HDP, inflaci či faktory výnosové křivky (spočtené na základě Nelsonova-Siegelova modelu, Nelson a Siegel, 1987), zahraniční blok potom obsahuje HDP, inflaci a opět faktory výnosové křivky. Do modelu byla zároveň pomocí Kalmanova filtru a Carterova a Kohnova algoritmu (Carter a Kohn, 1994) implementována omezení ve stylu „zero lower bound“, která neumožňují pokles krátkých úrokových sazeb do záporných hodnot.

Průběh proměnných, které nejsou do modelu VAR přímo zahrnuty (např. investice, ceny nemovitostí, sazby na hypoteční úvěry, úvěrový růst, apod.), je modelován pomocí navazující sady satelitních modelů. To představuje jisté zjednodušení, které mimo jiné znemožňuje explicitní modelování zpětných vazeb mezi finančním sektorem a reálnou ekonomikou, nicméně pro účely simulace scénářů je tento přístup postačující.⁶

Mezi klíčové satelitní modely patří především modely pro míru selhání (DR)⁷ a velikost ztráty při selhání (LGD), a to v členění za jednotlivá bankovní portfolia. V případě reverzního testu je modelování míry selhání (DR) pro jednoduchost založeno na metodě BMA (Bayesovské průměrování modelů, Hoeting et al., 1999), v jejímž rámci jsou průměrovány výstupy ze sady alternativních modelů s ADL(1, p) strukturou:

$$DR_t = \alpha DR_{t-1} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=0}^p \beta_{i,t-j} y_{i,t-j} \quad (3)$$

kde α a $\beta_{i,t-j}$ jsou regresní parametry modelu, $y_{i,t-j}$ představuje i -tou vysvětlující proměnnou v čase $t-j$ a p udává celkový počet zpoždění. Mezi vysvětlující proměnné vstupující do metody BMA jsou zařazeny časové řady z TC-BVAR modelu (1) a vybraných satelitních modelů.

Pro získání hodnot LGD je využit jednoduchý Fryeův-Jacobsův model (Frye a Jacobs, 2012) vztahující vývoj rizikového parametru LGD k hodnotám parametru PD. Model předpokládá mezi oběma parametry vztah:

$$LGD_{i,t} = \Phi \left[\Phi^{-1}(DR_{i,t}) - \frac{(\Phi^{-1}(baselineDR_{i,t}) - \Phi^{-1}(baselineDR_{i,t} * baselineLGD_{i,t}))}{\sqrt{1-\rho}} \right] / DR_{i,t} \quad (4)$$

kde Φ značí distribuční funkci normálního rozdělení, Φ^{-1} inverzní distribuční funkci normálního rozdělení, ρ je parametr korelace a $baselineDR_{i,t}$ a $baselineLGD_{i,t}$ představuje dlouhodobé through-the-cycle (TTC) hodnoty PD a LGD pro dané

5 Výjimku tvoří například časová řada inflace, jejíž trend odpovídá dlouhodobým inflačním očekáváním tržních účastníků, či časová řada krátkodobých nominálních úrokových sazeb, jejíž trend je dán součtem dlouhodobých inflačních očekávání a perzistentního AR (1) procesu pro reálnou úrokovou sazbu. To reflektuje změnu/vnímaní inflačního cíle a pohyb v reálných úrokových sazbách (bliže viz: Kozicki a Tinsley, 2001; Bauer a Rudebusch, 2020; nebo Cieslak a Povala, 2015).

6 Vliv zpětné vazby mezi finančním sektorem a reálnou ekonomikou může být v některých obdobích významný a jeho opomenutí může znamenat chybnou specifikaci modelu. Případná chyba specifikace se však promítne do velikosti náhodné chyby, které jsou součástí simulovaných scénářů (viz dále).

7 Vzhledem k „high-level“ přístupu je predikovaná míra selhání (DR) považována za shodnou s predikovanou pravděpodobností selhání (PD). Samotný výpočet je proveden s pomocí historické kvartální míry selhání, která je s využitím pravděpodobnosti přežití přepočtena na roční, respektive na tříletou míru selhání: $DR_{i,t}^{LY} = 1 - \prod_{z=0}^4 (1 - DR_{i,t+z}^M)$.

portfolio. Model (4) je kalibrován tak, aby jeho výstupy odpovídaly chování parametru LGD v zátěžových scénářích standardního makrozátěžového testu, což může z důvodu jednoduchosti modelu vést k poměrně konzervativním hodnotám LGD pro méně zátěžový, resp. základní scénář. Vzhledem k zaměření reverzního testu zejména na analýzu nepříznivých ekonomických podmínek však lze tuto vlastnost modelu akceptovat.

III.2 SIMULACE SCÉNÁŘŮ

Výchozí způsob pro tvorbu simulací budoucího vývoje je založen na bayesovském přístupu k odhadu modelu (1). Ten díky generování náhodných výběrů z posteriorního rozdělení parametrů modelu umožňuje simulovat velký počet alternativních predikcí odpovídajících konzistentním scénářům budoucího vývoje ekonomiky (blíže viz např. Blake a Mumtaz, 2015). V rámci těchto simulací se nejčastěji předpokládá, že „šoky“, respektive náhodná složka modelu, jsou normálně rozdělené a mají konstantní rozptyl. Tento předpoklad značně ulehčuje odhad celého modelu i následné generování budoucích šoků ve scénářích, avšak mohou s ním být spojeny některé praktické problémy, které mohou potenciálně mít závažné důsledky: 1) nesplnění předpokladu může přispívat k chybné specifikaci modelu, která se může promítnout do zhoršené kvality předpovědí a simulací, 2) simulované scénáře se v souhrnu vyvíjejí symetricky kolem střední hodnoty predikce, což může omezovat ekonomickou věrohodnost simulovaných scénářů, protože empirická rozdělení mnoha makroekonomických proměnných jsou ve skutečnosti asymetrická, 3) nejistota spojená s budoucím vývojem zůstává napříč všemi fázemi ekonomického cyklu v zásadě neměnná, což opět příliš neodpovídá pozorované skutečnosti. Pokud by tomu tak bylo, predikce by byla v čase zatížena vždy stejnými nejistotami.

Z těchto důvodů je vedle výchozího tradičního způsobu simulace použit pro tvorbu realistických scénářů budoucnosti také alternativní postup, který upouští od předpokladu normality i parametrického modelování náhodné složky. Postup vychází ze skutečnosti, že pozorované hodnoty proměnných ve VAR(2) modelu, $y_{i,t}$, lze alternativně vyjádřit ve formě

$$y_{i,t} = f(y_{i,t-1}, y_{i,t-2}, e_{i,t}; A_1, A_2), \quad (5)$$

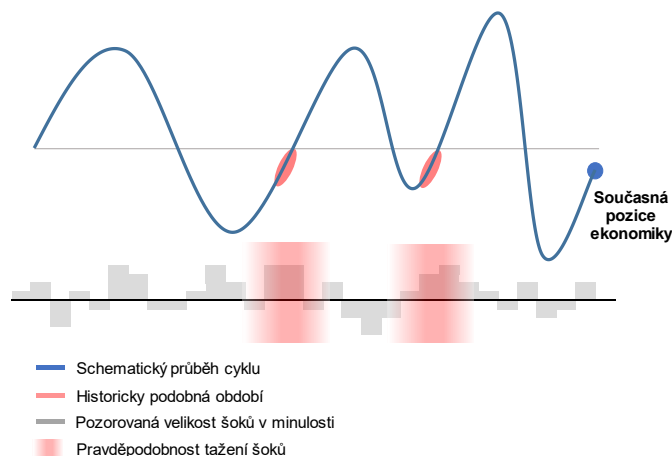
tj. jako funkci minulých pozorování časových řad, parametrů modelu a náhodných šoků. Vzhledem k rekurzivní povaze VAR modelu pak lze pozorované hodnoty vyjádřit rovněž jako

$$y_t = f(e_t, e_{t-1}, \dots, e_0, y_0; A_1, A_2), \quad (6)$$

což znamená, že dynamika modelovaného ekonomického systému je plně určena výchozím stavem ekonomiky, y_0 , strukturou modelu, A_1, A_2 , a realizací řady náhodných chyb, které představují odchýlení od „deterministických“ predikcí modelu z důvodů nepředpokládaných ekonomických událostí (blíže viz také Andrlé a Hunt, 2020). Ztotožníme-li výchozí stav, y_0 , s prahem predikce (počátečním obdobím scénáře), lze vzhledem k platnosti vztahu (6) alternativní vývoj budoucnosti simulovat na základě „deterministické“ předpovědi získané modelem (1) s odhadnutými hodnotami parametrů, která je doplněna o generování a postupnou kumulaci budoucích náhodných šoků.

Generování šoků je na rozdíl od tradičního přístupu spoléhajícího na modelování náhodné složky parametrickými metodami (viz např. výše uvedený předpoklad normálně rozdělené náhodné složky) založeno na obecnější metodě, která konceptuálně vychází z metody bootstrap (Efron a Tibshirani, 1993). Tato metoda předpokládá, že dříve pozorované šoky dobře aproximují celkovou populaci šoků, které mohou ekonomiku ovlivnit, proto nastání budoucích šoků může být simulováno pomocí náhodného výběru z množiny šoků pozorovaných v minulosti.

Graf 1: Princip k-NN bootstrapu



Při simulaci scénářů byla konkrétně využita metoda k-NN bootstrap (*k-nearest neighbour bootstrap*, Lall a Sharma, 1996)⁸, která přebírá základní principy bootstrapu, ale umožňuje generovat různé typy šoků v závislosti na konkrétním stavu ekonomiky. Ústřední myšlenkou použité metody je, že ekonomické šoky mohou mít napříč časem různou povahu a velikost, a to zejména v důsledku toho, jak se mění ekonomické podmínky v jednotlivých fázích hospodářského či finančního cyklu. Na rozdíl od běžného bootstrapu, v němž všechny minulé šoky mají stejnou pravděpodobnost nastání, jsou šoky (resp. bloky šoků⁹) v případě metody k-NN bootstrap vybírány lokálně v rámci historicky podobných období. Míra podobnosti mezi obdobími je dána (váženou) euklidovskou vzdáleností, která může být měřena jak přes více proměnných charakterizujících stav ekonomiky, tak může odrážet podobnost časových řad za delší časový úsek, než jen podobnost jejich hodnot v konkrétním okamžiku.

Šoky pozorované v obdobích, které jsou nejpodobnější aktuálnímu období, potom mají vyšší pravděpodobnost výběru a naopak s klesající podobností pravděpodobnost jejich nastání klesá (viz Graf 1). Aplikace k-NN bootstrapu pro simulaci šoků umožňuje v kombinaci s odhadnutým modelem (1) nejen generovat realistické scénáře, ale zároveň rovněž získat podmíněná prediktivní rozdělení proměnných, která jsou obecně nesymetrická a mohou vést napříč časem k vyšší či nižší míře nejistoty spojené s predikcí. Zvolený přístup rovněž nabízí poměrně velkou flexibilitu v modelování předem zvoleného typu krize. Kupříkladu vzhledem k velmi specifické povaze pandemické epizody a následných problémů dodavatelských řetězců lze při generování šoků vynechat z populace šoky pozorované v tomto období a lze se tak více zaměřit například na poptávkově tažené krize apod.

III.3 REVERZNÍ ZÁTĚŽOVÝ TEST

Rovněž v rámci druhého bloku, který kvantifikuje dopad simulovaných scénářů na kapitálový poměr bankovního sektoru, bylo z výpočetních důvodů nutné přistoupit k řadě zjednodušení. Hlavním z nich je použití statické rozvahy, kdy na rozdíl od tradičního makrozátěžového testu (ČNB, 2022) není v rámci reverzního testování zohledněn růst úvěrů a dalších expozic bank. Je rovněž abstrahováno od úvěrových rizik plynoucích z jiných úvěrových portfolií, nežli těch vůči nefinančním podnikům a domácnostem, která jsou v domácím bankovním sektoru z pohledu vývoje úvěrových rizik klíčová. Test tak pokrývá přibližně 70 % celkových rizikově vážených aktiv (TREA), přičemž vývoj zisku, kapitálu a kapitálových požadavků pro zbytek aktiv je určen poměrově. V neposlední řadě není v reverzním testu zohledněno ani tržní riziko – jeho dopady na celkový výsledek však bývají v případě domácího bankovního sektoru zpravidla zanedbatelné.

Pro modelování úrokového zisku a nákladů byl využit zjednodušený modul z makrozátěžového zátěžového testu, který umožňuje mimo jiné stanovit výši čistého úrokového zisku (NII) za bankovní sektor jako celek. Vývoj rizikových vah pro jednotlivá portfolia je pro jednoduchost založen na sadě předpočítaných výsledků z plnohodnotného testu pro různé kombinace hodnot parametrů PD a LGD (monte-carlo simulace) a jejich interpolaci pomocí regresních metod, kde vedle samotných hodnot PD a LGD vystupují jako vysvětlující proměnné i jejich nelineární transformace a vzájemné interakce (viz Švéda, 2025).

Obdobně jako v plnohodnotném zátěžovém testu je i v reverzním testu přijat obezřetný předpoklad ohledně nakládání s dobrovolným kapitálovým přebytkem bank, který na počátku testu zvyšuje odolnost sektoru, ale mohl by být na horizontu testu vyplacen. V obou typech testů tak je předpokládáno, že banky drží nad požadovaný kapitál jen 1 p.b. dobrovolného kapitálu a veškerý zbytek je vyplacen akcionářům. V reverzním testu však na rozdíl od plnohodnotného testu nedochází k vyplácení dobrovolného přebytku ve všech letech scénáře, ale pouze na počátku testu. V praktické části pro lepší představu o síle dopadu vyplácení dobrovolného kapitálu na výsledky ukazujeme výsledný kapitálový poměr bez jeho vyplácení i s ním.

Propojením jednotlivých modulů zjednodušeného zátěžového testu lze získat hodnotu výsledného kapitálového poměru na konci všech simulovaných scénářů, případně v jeho průběhu. Jejich bližším studiem pak lze získat detailní představu o povaze scénářů, které splňují zvolenou míru zátěže (Schéma 2), ale i o typech šoků, které mohou k této zátěži přispět. Zároveň lze pomocí výše popsaného postupu (alespoň přibližně) stanovit pravděpodobnost nastání hledané situace.

⁸ Tato metoda je často využívána ke generování možných budoucích scénářů v klimatologii či hydrologii. Aplikace v makroekonomickém modelování byla blíže představena v Plašil a Andrlé (2022). Metoda K-NN bootstrap úzce souvisí s metodou lokálního bootstrapu pro markovské procesy (Papadodits a Politis, 2002), jejíž vlastnosti byly podrobně teoreticky analyzovány. Hlavním zjištěním autorů je, že generované scénáře (simulované „pseudo-řady“) umožňují věrnou imitaci chování podkladového procesu i v případě značně nelineárních procesů.

⁹ Z důvodu potřeby zachovat autokorelační strukturu šoků je možné v rámci k-NN bootstrap využívat tradiční blokové schéma. V případě k-NN bootstrapu aplikovaného na ekonomické šoky (náhodnou složku modelu) však má blok relativně krátkou délku.

IV. ANALYTICKÉ VYUŽITÍ REVERZNÍHO TESTOVÁNÍ

Praktické využití reverzního testu je ilustrováno na příkladu domácího bankovního sektoru a jeho finanční kondici ke 2. čtvrtletí 2024. Cílem je identifikovat a blíže prozkoumat makrofinanční scénáře, které by při respektování výchozího stavu ekonomiky a finančního sektoru vedly k poklesu kapitálového poměru bankovního sektoru pod celkový kapitálový požadavek (OCR) a implikovaly by potřebu uvolnit či využít kombinovanou kapitálovou rezervu (CBR).

Pro účely analýzy bylo nasimulováno dvacet tisíc alternativních scénářů budoucího vývoje, přičemž výše uvedenou míru zátěže splnilo celkem 31 z nich. Ty byly následně vybrány k bližšímu prozkoumání jejich společných charakteristik. Reverzní test byl spočten na horizontu tří let, což umožňuje rámcové srovnání s tradičním makrozátěžovým testem solventnosti bank publikovaným ve Zprávě o finanční stabilitě (ČNB, 2024a). Pro úplnost je dále uveden také nejpravděpodobnější vývoj implikovaný TC-BVAR modelem a vybranou sadou navazujících satelitních modelů.

Pro simulaci budoucích ekonomických šoků byl použit jak tradiční přístup, kde jsou šoky generované z vícerozměrného normálního rozdělení, tak alternativní přístup založený na k-NN bootstrapu (viz část III.2). Z důvodu zacílení analýzy na ekonomické typy šoků byly v případě k-NN bootstrapu z populace předem odebrány externí jednorázové šoky typu covidové pandemie, které tak nejsou ve scénářích replikovány (předpokládá se, že během tříletého horizontu nemohou nastat). Při počátku scénářů ve 2. čtvrtletí 2024 vedly oba přístupy z pohledu dopadu na agregátní kapitálový poměr bankovního sektoru ke srovnatelným výsledkům, proto jsou dále pro stručnost uvedeny pouze výsledky pro tradiční přístup.¹⁰ Vývoj proměnných při použití k-NN bootstrapu je uveden v Příloze 1.

Trajektorie vybraných makroekonomických a finančních proměnných ve 31 scénářích se zvoleným dopadem na kapitálový poměr bankovního sektoru jsou znázorněny v Grafu 2. Společným znakem všech scénářů je jejich poptávkově deflační charakter, kdy dochází k značnému propadu ekonomiky, nárůstu nezaměstnanosti a poklesu inflace, resp. jejímu překmitnutí do deflačního pásma. Na tuto situaci centrální banka reaguje výrazným snížením měnověpolitických sazeb. Vývoj dlouhodobějších sazeb není zcela jednoznačný, nicméně i ony v souhrnu spíše klesají, byť pomalejším tempem než měnověpolitické sazby. To je způsobeno mimo jiné nárůstem rizikové prémie, která kompenzuje pokles bezrizikové složky (průměr budoucích očekávaných měnověpolitických sazeb). Ve většině scénářů tak dochází k nárůstu sklonu výnosové křivky.

Výsledky za 31 scénářů v souhrnu naznačují, že deflační prostředí se silným poklesem výkonu ekonomiky, který je doprovázen prudkým poklesem úrokových sazeb, představuje vedle specifických a obtížně předvídatelných jednorázových událostí (např. pandemie covid) hlavní a nejpravděpodobnější zdroj rizik pro bankovní sektor. Naproti tomu inflační scénáře, ve kterých omezení na straně agregátní nabídky vedou k nárůstu nákladů firem (např. skrze nárůst cen energií) a následně k vzednutí spotřebitelské inflace a nárůstu úvěrových selhání, jsou méně časté a především bývají spojeny s mírnějšími dopady, neboť bankám se obecně dařilo během inflačních období dosahovat relativně vyššího zisku. Tento závěr tak potvrzuje dřívější výsledky a analýzy (viz např. ČNB, 2023, Box 2: Srovnání zátěžovosti a dopadů nepříznivých scénářů).

V analyzovaných scénářích zaznamenává ekonomika pokles trvající téměř dva roky a míra nezaměstnanosti rychle přesáhne 8% hranici. Ve srovnání s hloubkou propadu během finanční krize z let 2008 se scénáře mohou jevit jako poměrně mírné, nicméně svou délkou trvání hospodářského poklesu tuto krizi významně překonávají. Simulované scénáře tak svým charakterem spíše připomínají druhý pokles v rámci krizí s tvarem „dvojitého W“, jakým do jisté míry byla např. dluhová krize eurozóny v roce 2012. Podíváme-li se na tento průběh optikou simulací získaných pomocí k-NN bootstrapu, které respektují výchozí ekonomické podmínky, dává tento tvar simulované krize ekonomický smysl, neboť na počátku scénáře se domácí ekonomika teprve vzpamatovávala z dřívějšího ekonomického útlumu, zůstávala citelně pod svým potenciálem, a nenacházela se tak ve fázi významného přehřívání, která zpravidla předchází prudkému propadu. V jiných obdobích by tyto simulace mohly teoreticky vyústit v jiný druh scénářů, které by se potenciálně vyznačovaly jinou kombinací délky a hloubky krize.

¹⁰ Obecně neplatí, že se výsledky z obou přístupů shodují.

Graf 2: Vybrané nepříznivé scénáře v reverzním testu

Ekonomický růst v ČR

(meziroční růst reálného HDP v %)



Míra nezaměstnanosti v ČR

(v %)



Vývoj 10-letého úrokového swapu (10Y CZK IRS)

(v %)



Sklon výnosové křivky

(v %; 10Y CZK IRS - 3M PRIBOR)



Míra (meziroční) inflace v ČR

(v %)



Ekonomický růst v EU

(meziroční růst reálného HDP v %)



Poznámka: Šedivé čáry zobrazují vývoj proměnných v 31 scénářích, které splňují zvolenou míru zátěže pro bankovní sektor.

Pro každý z makroekonomických scénářů byl s využitím satelitních modelů následně simulován vývoj ročních měr selhání. Graf 3 (horní panel) zobrazuje jejich průběh u klíčových úvěrových portfolií v 31 scénářích splňujících zvolenou zátěž, a to společně s nejpravděpodobnějším průběhem implikovaným modelem. Míra selhání u úvěrů nefinančním podnikům přesahuje v důsledku délky trvání hospodářského poklesu v nejkrizovějších scénářích vrchol z finanční krize 2008. U úvěrů

domácnostem zajištěných obytnou nemovitostí se ve srovnání s tímto obdobím pohybuje přibližně o jeden procentní bod níže, což reflektuje strukturální změny v ekonomice a bankovním sektoru a vývoj odolnosti domácností s hypotečních úvěrem v posledních deseti letech. S pomocí Fryeova-Jacobsova LGD modelu bylo dále modelováno průměrné LGD. Histogramy s průměrnou hodnotou LGD ve 31 blíže analyzovaných scénářích jsou rovněž zobrazeny v Grafu 3 (dolní panel).

Graf 3: Míra selhání a ztrátovost při selhání

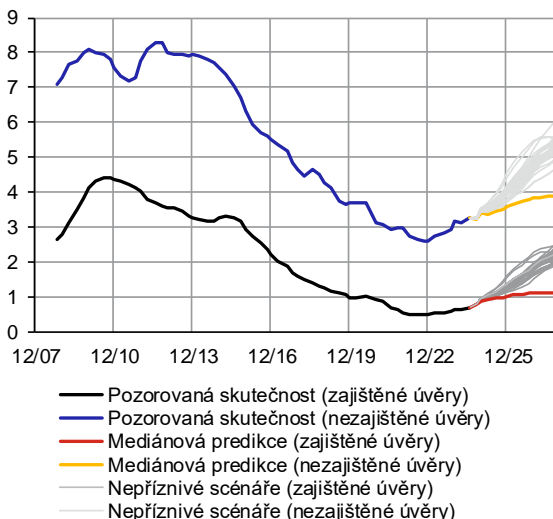
Míra selhání (DR) nefinančních podniků (NFC)

(v %)



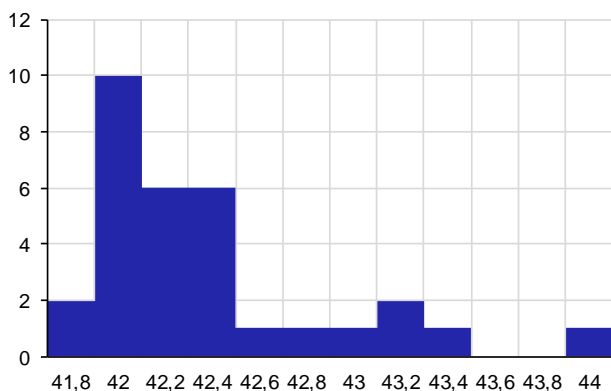
Míra selhání (DR) domácností

(v %)



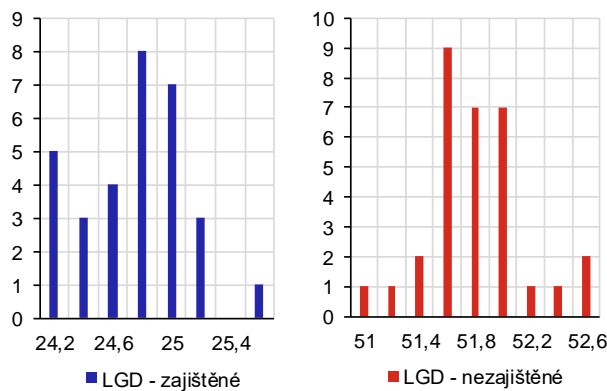
Ztrátovost při selhání (LGD) u nefinančních podniků (NFC)

(osa x: LGD v %; osa y: počet scénářů)



Ztrátovost při selhání (LGD) u domácností

(osa x: LGD v %; osa y: počet scénářů)



Poznámka: V horním panelu šedivé čáry zobrazují průběh proměnných v 31 scénářích, které splňují zvolenou míru zátěže pro bankovní sektor. Dolní panel zobrazuje histogram ztrátovosti při selhání (LGD) pro uvedených 31 scénářů. V případě LGD je zobrazen vážený průměr, kde jsou jako váhy použity míry selhání v jednotlivých čtvrtletích.

Na základě průběhu rizikových charakteristik byl nakonec pro všechny simulované scénáře určen celkový objem úvěrových ztrát a změny v rizikových vahách na zvoleném horizontu testu. Jejich rozdělení napříč scénáři je znázorněno v Grafu 4. U 31 scénářů splňujících zvolenou zátěž se pak objem kumulativních úvěrových ztrát na horizontu tří let pohybuje v rozmezí 170 až 220 mld. Kč (4,4–5,4 % celkových úvěrů domácnostem a nefinančním podnikům), přičemž zhruba polovinu z nich tvoří expozice vůči nefinančním podnikům. V důsledku zhoršení charakteristik úvěrového portfolia zároveň dochází k nárůstu jeho rizikových vah, a to v souhrnu o přibližně 16 až 20 procent.¹¹ K tomu nejvíce přispívá expozice vůči zajištěným úvěrům domácnostem a expozice vůči nefinančním podnikům. Naopak příspěvek spotřebitelských úvěrů domácnostem je vzhledem k relativně vysokým počátečním hodnotám rizikových vah tohoto portfolia relativně nízký. K vysoké zátěži zároveň přispívá i nepříznivý vývoj úrokového zisku, který v prostředí rostoucích úvěrových ztrát mírně klesá a promítá se do poklesu celkového zisku před zdaněním (roční zisk před zdaněním se u vybraných 31 scénářů pohybuje v rozmezí 98 –109 mld. Kč, což v relativním vyjádření představuje 1,35–1,5 % aktiv). Hlavní příčinou mírného

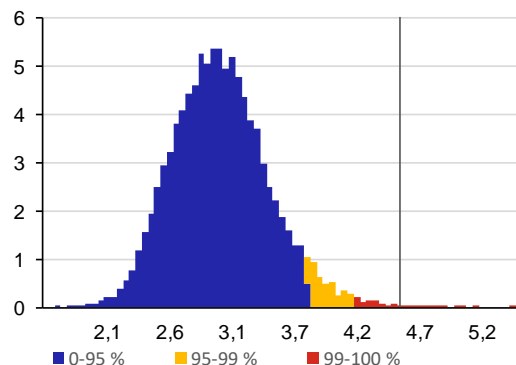
¹¹ V polovině roku 2024 byla pro banky zahrnuté v testu výše implikovaných rizikových vah (při zahrnutí podrozvahových expozic): 22 % pro úvěry domácnostem zajištěné, 50 % pro úvěry domácnostem nezajištěné a 61 % pro úvěry nefinančním podnikům.

poklesu zisku je pokles celé výnosové křivky, i přesto však zůstává ziskovost bankovního sektoru na relativně vysokých úrovních.¹²

Graf 4: Rozdělení vybraných charakteristik ovlivňujících výsledný kapitálový poměr (CAR) napříč simulovanými scénáři

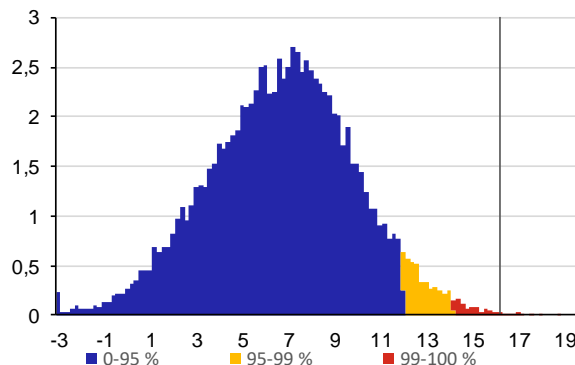
Histogram úvěrových ztrát

(osa x: v % úvěrů domácnostem a NFC; osa y: v %)



Histogram nárůstu rizikových vah

(osa x: změna v %; osa y: v %)



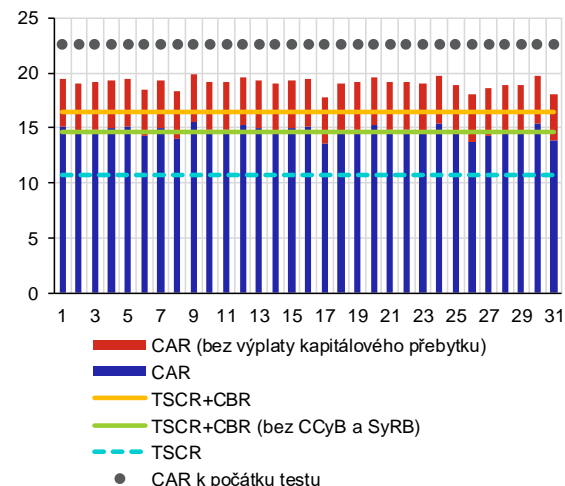
Poznámka: Histogram (relativních četností) zahrnuje všech 20 tisíc simulovaných scénářů. V případě nárůstu rizikových vah se jedná o procentuální nárůst oproti hodnotám k polovině roku 2024. V případě úvěrových ztrát se jedná o procentuální vyjádření ztrát vzhledem k úvěrové expozici vůči domácnostem a nefinančním podnikům. Vertikální černá čára zobrazuje práh pro 31 blíže analyzovaných scénářů. Vybarvení značí hodnoty distribuční funkce, z nichž jde určit pravděpodobnost nastání daných scénářů (tj. například červeně označené scénáře mohou nastat s pravděpodobností 1 %).

Výsledný dopad na výši kapitálového poměru u uvedených 31 scénářů ukazuje Graf 5, levý panel. V případě výplat kapitálového přebytku dochází k neplnění celkového kapitálového požadavku (žlutá čára) a v několika nejzávažnějších případech dochází až k plnému uvolnění proticyklické kapitálové rezervy a rezervy ke krytí systémových rizik. Kapitálový poměr nicméně zůstává ve všech scénářích bezpečně nad kapitálovými požadavky pilíře 1 a 2 (TSCR, světle modrá čára, Graf 5, levý panel). Výsledky reverzního zátěžového testu tak naznačují, že bankovní sektor by i v případě tříletého silně nepříznivého vývoje začínajícího v polovině roku 2024 zůstal relativně stabilní (při neuvažování jednorázových neekonomických šoků typu covidové pandemie).

Graf 5: Plnění vybraných regulačních požadavků bankovním sektorem v reverzním testu

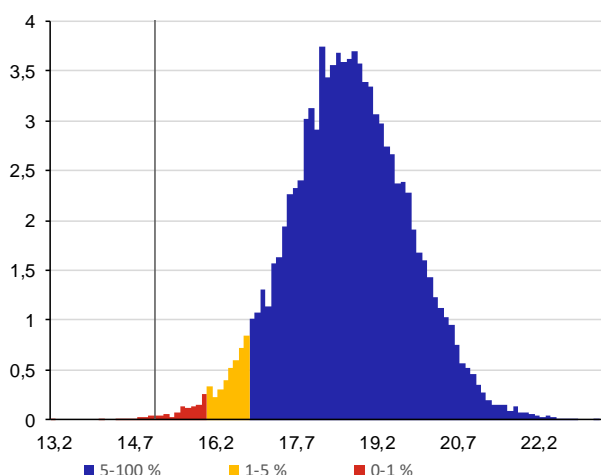
Plnění regulačních požadavků bankovním sektorem

(v % TREA)



Histogram výsledných kapitálových poměrů

(osa x: CAR v %; osa y: relativní četnost v %)



Poznámka: Levý panel zobrazuje plnění kapitálových požadavků na konci tříletého horizontu testu pro 31 blíže analyzovaných scénářů. Pravý panel zobrazuje histogram (relativních četností) CAR poměru po třech letech, který zahrnuje všech 20 tisíc simulovaných scénářů. Vertikální černá čára zobrazuje práh pro 31 blíže analyzovaných scénářů. Vybarvení značí hodnoty distribuční funkce, z nichž jde určit pravděpodobnost nastání daných scénářů (tj. například červeně označené scénáře mohou nastat s pravděpodobností 1 %).

¹² Test pro zjednodušení pracuje s úrokovým ziskem (NII) upraveným o velikost expozice (úrokový zisk k aktivům), což vyjadřuje konzervativní pojetí testu. Úroková marže v nepříznivých scénářích tak klesá jen mírně (přibližně o 0,1 p.b.).

Simulace scénářů umožňuje vedle určení dopadů na kapitálový poměr rovněž alespoň přibližně stanovit pravděpodobnost nastání vývoje spojeného se zvolenou zátěží pro bankovní sektor. Počet scénářů vedoucích při výplatě dobrovolného kapitálového přebytku k neplnění celkového kapitálového požadavku činil 31 z celkových 20 tisíc, což značí, že pravděpodobnost takto nepříznivých tříletých scénářů se při počátku ve 2. čtvrtletí 2024 nachází hluboko pod hranicí 1 % (Graf 5, pravý panel). To odráží mimo jiné výchozí ekonomické podmínky, které odpovídají postupnému zotavování z mírné hospodářské recese bez předchozího nadměrného přijímání rizik a přehřívání ekonomiky. K dobrému výsledku testu pak přispívá rovněž silná výchozí kapitálová pozice bankovního sektoru.

Uvedené výsledky reverzního testu lze interpretovat také tak, že při respektování historicky platných podmínek (obdobné fungování bankovního sektoru, zachování struktury ekonomiky, velikost šoků apod.) není možné na tříletém horizontu zkonstruovat konzistentní scénář, který by vedl k významně vyšší než ukázané zátěži – například takové, která by odpovídala poklesu kapitálového poměru až pod kapitálový požadavek TSCR (Pilíř 1 a 2). Pro dosažení tohoto stavu by bylo nutné změnit některý z výchozích parametrů testu. Jednou z možností, jak výsledky analýzy dále rozšířit, je buď prodloužit horizont zátěžového testu na více let, případně zvýšit historicky pozorovanou velikost šoků, čehož lze v modelu docílit zvýšením („nafouknutím“) rozptylu náhodné složky, resp. populace šoků použitých v k-NN bootstrapu. S využitím těchto možností je pak možné odpovědět na otázky typu: kolik nejméně let nepříznivého vývoje by bylo potřeba k ohrožení bankovního sektoru v podobě neplnění kapitálového požadavku TSCR, případně o kolik procent by se musela zvýšit velikost šoků, aby k neplnění TSCR došlo na tříletém horizontu. Možná je rovněž kombinace obou možností, v níž dojde jak k prodloužení horizontu, tak k navýšení velikosti šoků.

Reverzní test je rovněž možné využít jako určité vodítko pro kalibraci scénářů ve standardních makrozátěžových testech. Graf 5 dokládá, že dopady na kapitál bankovního sektoru jsou pro simulované reverzní scénáře v zásadě obdobné jako ty v tradičním makrozátěžovém testu solventnosti bankovního sektoru (srovnej s ČNB, 2024a). Tento výsledek indikuje, že scénář použitý pro účely makrozátěžového testu byl v souladu s požadavkem „severe but plausible“, tj. dosahuje vysoké míry tvrdosti, ale zároveň jeho nastání není zcela vyloučeno.¹³ Přes podobný dopad na kapitálový poměr bank se však scénáře v reverzním a makrozátěžovém testu z pohledu vývoje klíčových proměnných lišily. Zatímco makrozátěžový test předpokládal rychlý a hluboký propad ekonomické aktivity s postupným návratem k růstu na konci tříletého scénáře¹⁴, simulace v reverzním testu vykazovaly od 2. čtvrtletí 2024 pozvolnější útlum hospodářství, který však trval relativně déle a překračoval horizont scénáře. Při tvorbě nepříznivých scénářů pro makrozátěžový test tak je v budoucnu možné částečně zohlednit průběh reverzních scénářů, tak aby nepříznivý scénář více přihlížel k výchozímu stavu ekonomiky a bankovního sektoru a více se svým průběhem přiblížil reverzním scénářům.

V. ZÁVĚR

V tematickém článku je představen současný přístup ČNB k reverzním zátěžovým testům solventnosti bankovního sektoru. Reverzní testování ČNB je založeno na simulačním přístupu, v jehož rámci je generováno velké množství makrofinančních scénářů a pozornost je následně zaměřena na ty, které vedou ke zvolenému kapitálovému poklesu. Ten nejčastěji odpovídá neplnění některého z kapitálových požadavků, ale v úvahu připadají i další možnosti, například v souvislosti s analýzou podmínek vedoucích k potřebě uvolnit proticyklickou kapitálovou rezervu. To umožňuje explorační analýzu scénářů vedoucích ke snížení odolnosti bankovního sektoru a napomáhá odpovědět na otázku, jaké faktory by měly na materializaci makroekonomických rizik klíčový vliv.

Reverzní testování může být vhodným doplňkem k standardním makrozátěžovým testům, které spoléhají na předem specifikované ad hoc scénáře. Ty odráží expertní zhodnocení a zhmotnění aktuálně pozorovaných rizik a ze své povahy zachycují jedinečný příběh. Naopak reverzní přístup umožňuje posouzení důsledků širší škály scénářů nepříznivého vývoje najednou, což může pomoci jak při kalibraci makrobezpečnostních nástrojů, tak při hodnocení pravděpodobnosti materializace rizik určitého nepříznivého makroekonomického vývoje pro bankovní sektor. Pomocí tohoto postupu pak lze také identifikovat hlavní typy scénářů, které by mohly vzhledem k aktuální pozici v hospodářském a finančním cyklu a při daných strukturálních charakteristikách ekonomiky a bankovního sektoru vyústit ve zvolenou míru zátěže pro finanční stabilitu.

Při interpretaci výsledků reverzního testování je třeba vzít v úvahu také některá jeho omezení. Je třeba zdůraznit, že simulace scénářů vychází z historických (a stále ne příliš rozsáhlých) dat, proto mohou obtížně zachytit a zejména pak věcně interpretovat události typu „černé labutě“, nebo události, které nemají v minulosti svůj protějšek (viz situace typu pandemie covidu, nebo v budoucnu potenciálně významná materializace rizik spojených s přechodem na uhlíkové neutrální ekonomiku). Přestože některá z těchto omezení lze modelovými úpravami částečně překonat, pro specifické,

¹³ Výsledky naznačují, že ČNB obecně kalibruje své scénáře v tradičních testech solventnosti ve srovnání s ostatními institucemi poměrně přísně. Tradiční nastavení přísnosti scénářů je zpravidla definováno jako pokles, ke kterému by mohlo dojít s 5% pravděpodobností.

¹⁴ Tento tvar hospodářské krize bývá v Nepříznivém scénáři makrozátěžového testu využíván nejčastěji (viz např. ZFS 2023 – Jaro, Box 2).

silně nepříznivé události nadále dává smysl vytvářet scénáře přímo na míru a využívat při jejich tvorbě expertní vzhled do problematiky. Přesto reverzní testování představuje užitečný průzkumný nástroj, který dovoluje lépe porozumět chování bankovního sektoru a umožňuje nahlédnout na míru jeho odolnosti odlišným způsobem. ČNB plánuje jejich metodiku dále rozvíjet a zpřesňovat a jejich výsledky častěji využívat ve svých analýzách i komunikaci.

VI. LITERATURA

- Aikman, D., Angotti, R., Budnik, K. (2024): Stress testing with multiple scenarios: A tale on tails and reverse stress scenarios (No. 2941). ECB Working Paper.
- Andrle, M., Brůha, J. (2017): Forecasting and Policy Analysis with Trend-Cycle BVARs, ECB seminar, July, 2017.
- Andrle, M., Hlédik, T., Kameník, O., Vlček, J. (2009): Implementing the new structural model of the Czech National Bank. CNB WP, 2, 2009.
- Andrle, M., Hunt, M. B. L. (2020): Model-Based Globally-Consistent Risk Assessment. IMF Working Papers 2020/064, International Monetary Fund.
- Bauer, M. D., Rudebusch, G. D. (2020): Interest rates under falling stars. *American Economic Review*, 110(5), 1316-1354.
- Blake, A., Mumtaz, H. (2015): Applied Bayesian Econometrics for central bankers, Handbooks, Centre for Central Banking Studies, Bank of England, 36, April.
- BIS (2017): Supervisory and bank stress testing: range of practices, Bank for International Settlements, ISBN 978-92-9259-126-7
- Brázdík, F., Hlédik, T., Humplová, Z., Martonosi, I., Musil K., Ryšánek, J., Šestořád, T., Tonner, J., Tvrz, S., Žáček, J., (2020): The g3+ Model: An Upgrade of the Czech National Bank's Core Forecasting Framework, Working Papers 2020/7, Česká národní banka.
- Carter, C. K., Kohn, R. (1994): On Gibbs sampling for state space models. *Biometrika*, 81(3), 541-553.
- Cieslak, A., Povala, P. (2015): Expected returns in Treasury bonds. *The Review of Financial Studies*, 28(10), 2859-2901.
- Čihák, M. (2007): Introduction to applied stress testing. IMF Working Papers 2007/059, International Monetary Fund.
- ČNB (2022): Makrozátěžový test solventnosti domácího bankovního sektoru, Česká národní banka.
- ČNB (2023): Zpráva o finanční stabilitě – jaro 2023, Česká národní banka.
- ČNB (2024a): Zpráva o finanční stabilitě – jaro 2024, Česká národní banka.
- ČNB (2024b): Zpráva o finanční stabilitě – podzim 2024, Česká národní banka.
- Durbin, J., Koopman, S. J. (2012): Time series analysis by state space methods (Vol. 38). OUP Oxford.
- Tibshirani, R. J., Efron, B. (1993): An introduction to the bootstrap. *Monographs on statistics and applied probability*, 57(1), 1-436.
- Frye, J., Jacobs Jr, M. (2013): Credit loss and systematic LGD. In *Managing and Measuring Risk: Emerging Global Standards and Regulations After the Financial Crisis* (pp. 307-339).
- Geršl, A., Jakubík, P., Konečný, T., Seidler, J. (2012): Dynamic stress testing: The framework for testing banking sector resilience used by the Czech National Bank. *Czech Journal of Economics and Finance*, 63, 505-36.
- Hamilton, J.,D. (1994): Time Series Analysis, Princeton University Press.
- Hoeting, J. A., Madigan, D., Raftery, A. E., Volinsky, C. T. (1999): Bayesian model averaging: a tutorial (with comments by M. Clyde, David Draper and El George, and a rejoinder by the authors. *Statistical science*, 14(4), 382-417.
- Jarocinski, M., Mackowiak, B. (2011): Choice of variables in vector autoregressions. European Central Bank, Kaiserstrasse, 29, 60311.

Kozicki, S., Tinsley, P. A. (2001): Shifting endpoints in the term structure of interest rates. *Journal of monetary Economics*, 47(3), 613-652.

Lall, U., Sharma, A. (1996): A Nearest Neighbor Bootstrap for Resampling Hydrologic Time Series. *Water Resources Research*, 32, 679-693.

Litterman, R. (1980): A Bayesian Procedure for Forecasting with Vector Autoregression, Working paper, Massachusetts Institute of Technology, Department of Economics.

Nelson, C. R., Siegel, A. F. (1987): Parsimonious modeling of yield curves. *Journal of business*, 473-489.

Paparoditis, E., Politis, D. N. (2002): The local bootstrap for Markov processes. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 108(1-2), 301-328.

Plašil, M., Andrlé, A. (2022): Model-based Risk Assessment of House-price developments, mimeo pro konferenci Evropské komise: Is European housing overpriced – how to tell?

Plašil, M. (2021): Designing Macro-Financial Scenarios: The New CNB Framework and Satellite Models for Property Prices and Credit, Research Policy Note 1/2021.

Švéda, J. (2025): Navigating Banking Resilience: Bail-ins & Bailouts in the Czech Banking Sector, Working Papers – forthcoming, Česká národní banka

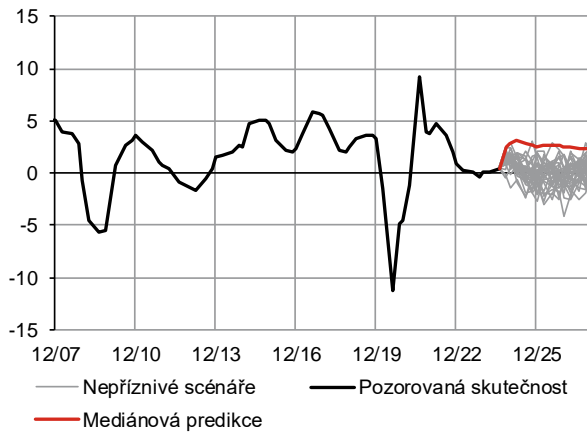
PŘÍLOHA 1: ALTERNATIVNÍ SIMULACE (K-NN BOOTSTRAP)

Tato část zobrazuje pro úplnost průběh proměnných při simulaci scénářů z TC-BVAR modelu s využitím k-NN bootstrapu. Struktura prezentovaných výsledků je stejná jako v hlavním textu. Výsledky ukazují, že při počátku scénáře v polovině roku 2024 poskytují oba modely velmi obdobné výsledky ohledně možného nepříznivého (i nejvíce pravděpodobného) vývoje ekonomiky. Stejně tak dopad na kapitálový poměr bankovního sektoru je v tomto případě obdobný.

Graf A1: Vybrané nepříznivé scénáře

Ekonomický růst v ČR

(meziroční růst reálného HDP v %)



Míra nezaměstnanosti v ČR

(v %)



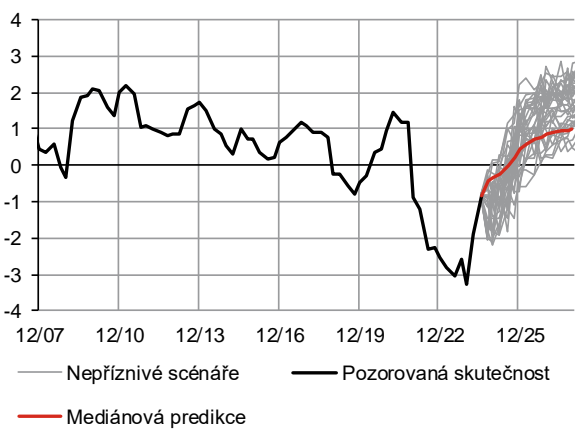
Vývoj 10-letého úrokového swapu (10Y CZK IRS)

(v %)



Sklon výnosové křivky

(v %; 10Y CZK IRS - 3M PRIBOR)



Míra (meziroční) inflace v ČR

(v %)



Ekonomický růst v EU

(meziroční růst reálného HDP v %)



Poznámka: Šedivé čáry zobrazují průběh proměnných ve scénářích, které splňují zvolenou míru zátěže pro bankovní sektor.

Graf A2: Míra selhání a ztrátovost při selhání

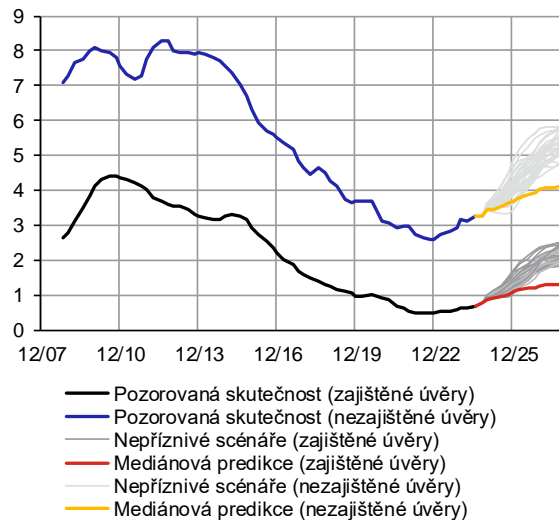
Míra selhání (DR) nefinančních podniků (NFC)

(v %)



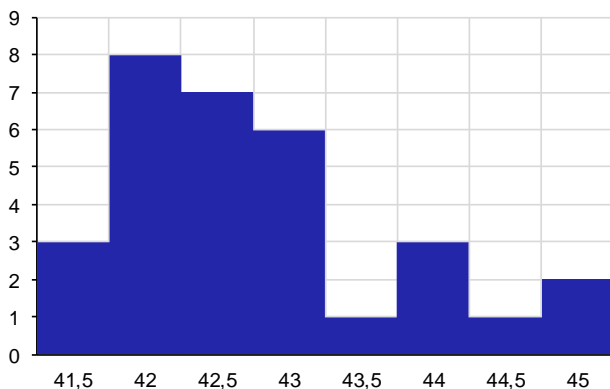
Míra selhání (DR) domácností

(v %)



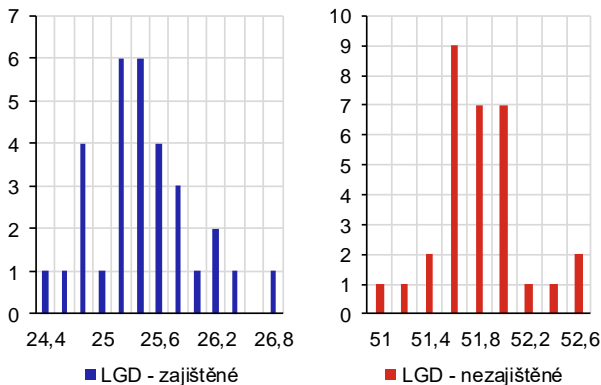
Ztrátovost při selhání (LGD) u nefinančních podniků (NFC)

(osa x: LGD v %; osa y: počet scénářů)



Ztrátovost při selhání (LGD) u domácností

(osa x: LGD v %; osa y: počet scénářů)

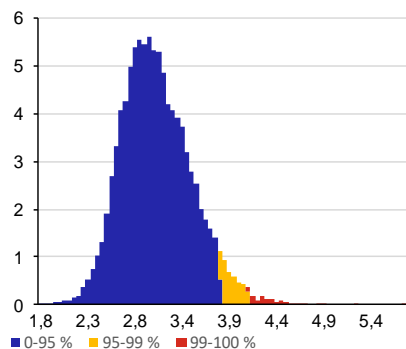


Poznámka: V horním panelu šedivé čáry zobrazují průběh proměnných ve scénářích, které splňují zvolenou míru zátěže pro bankovní sektor. Dolní panel zobrazuje histogram ztrátovosti při selhání (LGD) pro uvedené scénáře. V případě LGD je zobrazen vážený průměr, kde jsou jako váhy použity míry selhání v jednotlivých čtvrtletích.

Graf A3: Rozdělení vybraných charakteristik ovlivňujících výsledný kapitálový poměr (CAR) napříč simulovanými scénáři

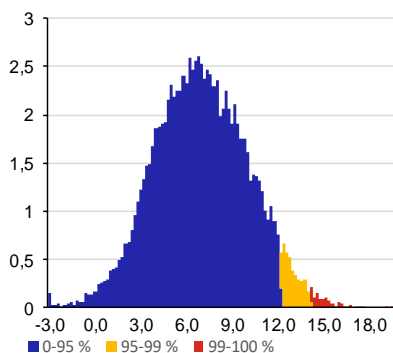
Histogram úvěrových ztrát

(osa x: v % úvěrů domácnostem a NFC)



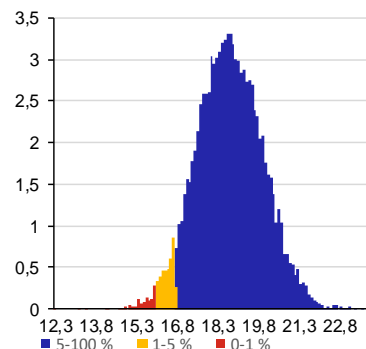
Histogram nárůstu rizikových vah

(osa x: změna v %)



Histogram kapitálových poměrů

(osa x: CAR v %)



Poznámka: Grafy zobrazují rozdělení příslušných veličin napříč všemi generovanými scénáři. V případě nárůstu rizikových vah se jedná o procentuální nárůst oproti hodnotám k polovině roku 2024. V případě úvěrových ztrát se jedná o procentuální vyjádření ztrát vzhledem k úvěrové expozici vůči domácnostem a nefinančním podnikům. Vybarvení značí hodnoty distribuční funkce, z nichž jde určit pravděpodobnost nastání daných scénářů (tj. například červeně označené scénáře mohou nastat s pravděpodobností 1 %).

Vydává:
ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA
sekce finanční stability
Na Příkopě 28
115 03 Praha 1
Česká republika

Kontakt:
ODBOR KOMUNIKACE SEKCE KANCELÁŘ
Tel.: 224 413 112
www.cnb.cz